

## ペン加速度による手書き文字パターンの抽出

石川裕記 米沢義道 伊東一典 橋本昌巳

信州大学 工学部

〒380 長野市若里500番地 信州大学 工学部 情報工学科

あらまし

現在のペン入力機器では、他の2次元的な情報の入力も兼ねるため特別の平面に筆記具を用いて手書き文字入力を行う方式が多い。これは文章入力に限れば不自然であり、長時間の使用は難しい。記録面に限らずペン先の動きのみから文字の形状情報を得る方式について、基礎実験を行った。加速度センサを筆記具の先端部ふきんに取り付け、測定される加速度信号からペンの運筆によるものと紙面との摩擦による比較的周波数の高いかそくどの存在を確認し、前者の2回積分から筆跡を、後者から紙面と筆記具の接触のそれぞれの信号を抽出して手書き文字の再現の可能性を確認した。

和文キーワード 手書き文字 ペン入力 ペン加速度

## Extraction of Character Information from Acceleration of Handwriting Pen

Hiroki ISHIKAWA Yoshimichi YONEZAWA  
Kazunori ITOH Masami HASHIMOTO

Faculty of Engineering Shinshu University

500 Wakasato Naganosi 380 Japan

Abstract

In conventional input work of handwriting character, special flat plane is used for writing characters on. This work is unusual and has difficulties for long time work.

The new method of getting character form information from pen movement is tried. Two small acceleration sensors are attached to the pen for measuring X and Y component of pen accelerations. From This 2 channel movements signals, character pattern is reconstructed well and small high-frequency acceleration signal caused by friction between a pen and paper is used as pen-touching signal of the pen on the paper.

英文 key words Pen input, Pen acceleration, Handwriting Character

## 1. はじめに

手書きによる入力装置の開発が進んでいるが、認識方法等ソフト面での改善が多く、感触的にも窮屈な入力方法についての検討は少ない。本報告は、筆記具の動きのみから文字データを得ようとする入力方法の基礎的検討である。

一般に、手書き文字をデータ化するためにはさまざまな方法が考えられているが、大別すれば既に書かれた文字をOCRあるいはスキャナによって取り込み、解析してデータ化する方法<sup>(1),(2)</sup>と文字を書く運筆データを取り込み、解析認識する方法<sup>(3)-(5)</sup>があり、それぞれ実用化されている。中でも後者の方法は比較的認識が容易なことから、タブレットと呼ばれる入力装置の簡易化も進み、各種の商品として普及し始めている<sup>(6)</sup>。

しかし、これらの装置の入力面は、表示を兼ねたり、メニューの選択、二次元位置情報の入力機能などを持つために文字を書く場所やその大きさが制限されたり、筆記具の当りも硬く、通常の紙面に手書きする感触、自由度とはかなり異なったものとなっている。作文作業の用途に限れば、現在の入力面を使った長時間の作業は苦痛であり、従来の筆記作業に近い方式が望まれる。

本報告は、従来の紙面上への手書き作文作業をそのままデータ化でき、従来の装置に係わる問題を解決できる可能性のある方法として、手書き文字の運筆データを筆記具のみから得る方法を考え、その基礎的検討を行なったものである。

実験は筆記具に小型加速度センサを取り付け、一次元的な動きによる加速度からの変位再現の基礎的実験後、二次元的な計測による手書きパターンの再現の可能性までを確認した。

## 2. 測定系の特性

本実験では、筆記具の加速度を忠実に計測でき、且つ筆記の邪魔にならない小型センサが必要である。この目的から、リオン社製圧電型二次元加速度センサ(RION PV-90B、感度 1.52pC/G、横感度比 1%、寸法 6φ、長さ 10mm)を選んだ。

前置増幅器(チャージアンプ)は筆記中の手の動きに含まれる 1Hz 以下の低い周波数まで対応

するようにパラメータを選んで設計した。回路図を図 1 に示す。

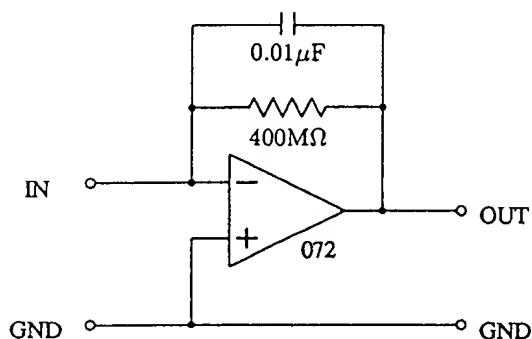


図1 チャージアンプの回路図

図2はXYレコーダのペン取り付け部に加速度センサを取り付けて、正弦波振動により測定した種々の周波数についての加速度と出力電圧の関係である。各周波数において、加速度との比例関係が得られている。なお、筆記中の加速度はかなり速く書いても  $10\text{m/s}^2$  以下の範囲であった。

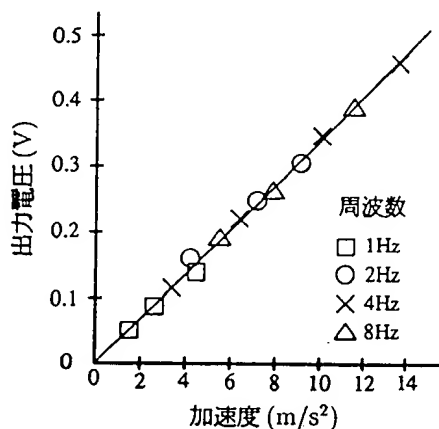


図2 加速度と出力電圧の関係

図3は一定加速度について示した10Hzまでの周波数特性であり、手の動きにおいて時々現れる1Hz以下の利得もかなり得られている。

図4は加速度センサ出力の方向依存性を示したものである。XYレコーダによる振動方向を0度として、取り付けた加速度センサの方向を変えながら所定の連続加速(4Hz、最大値  $6.8\text{m/s}^2$ )を行なった。加速度の方向成分の計算値(破線)と合致することから二次元計測における運筆方向の再現にも十分であることが示された。

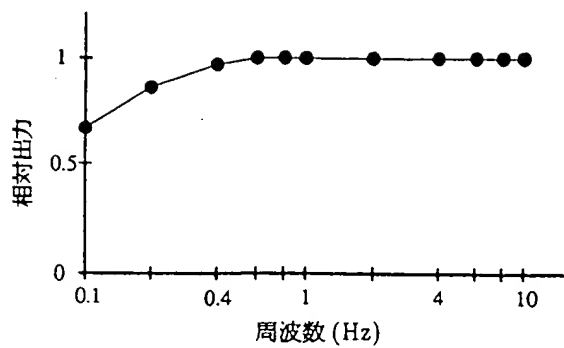


図3 周波数特性

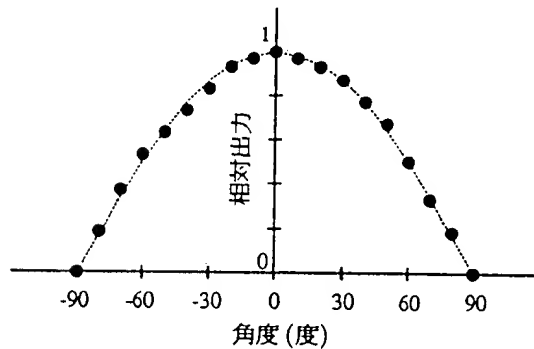


図4 方向依存性

### 3. 筆記時の加速度信号

#### 3.1 加速度センサの出力

加速度センサは、筆記の妨げとならない位置に取り付けるのが好ましいが、筆記具の尾部および中間では紙面上のペン先の動きと異なる場合が多いので、ペン先より1cmほど上の位置に固定することとした。その様子を図5に示す。

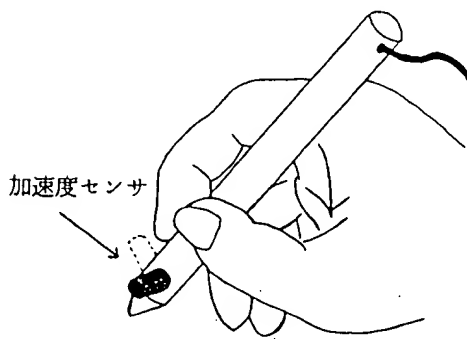
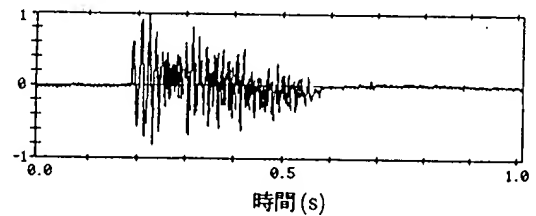


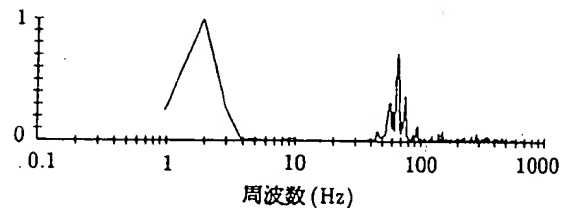
図5 加速度センサ取り付け図

加速度センサの出力は、チャージアンプを経由してA/Dコンバータ(12bit、変換時間 $10\mu\text{s}$ )によりデジタル信号に変換され、コンピュータ(NEC PC9801UV)に取り込んだ。

図6(a)はシャープペンシルで通常の上質紙に加速度センサの測定方向に直線を書いた場合の加速度センサの出力である。高い周波数とベースラインのゆっくりしたうねりが組み合わされた信号であることが分かる。これをパワースペクトルで見ると、(b)のように明らかに2つの成分に分離され、その境界周波数は条件を種々変えてもみても20Hz付近であった。空中で類似の手書き動作を行なうと低周波の部分のみが現れることから、低周波成分は筆記時のペン先の動き、高周波成分は紙とペン先の摩擦による成分であることが分かる。



(a) 加速度センサの出力



(b) パワースペクトル

図6 出力の一例

#### 3.2 筆記時の諸条件による影響

筆記時のパラメータとしては、筆記具の種類、紙質、筆圧、筆速などが考えられる。これらの影響をスペクトルのピーク周波数の変化で観察した。

図7は筆圧を変えた場合の高周波、低周波成分のスペクトルのピーク周波数の変動である。筆圧は料理用秤の皿上の平面を用いて、目盛りを見ながら一定筆圧となるように筆記した。筆速は一定の長さ、一定の時間で書くように心がけ、約6cm/sとした。筆記具により多少傾向は異なるが、筆圧が高い場合には、紙の凹凸による微動も鋭くなり、従って含まれる周波数も高い方に明らかにシフトしていくが、飽和の傾向が見られる。この飽和は、紙の凹凸のつぶれによる特性の安定化が原因と思われる。

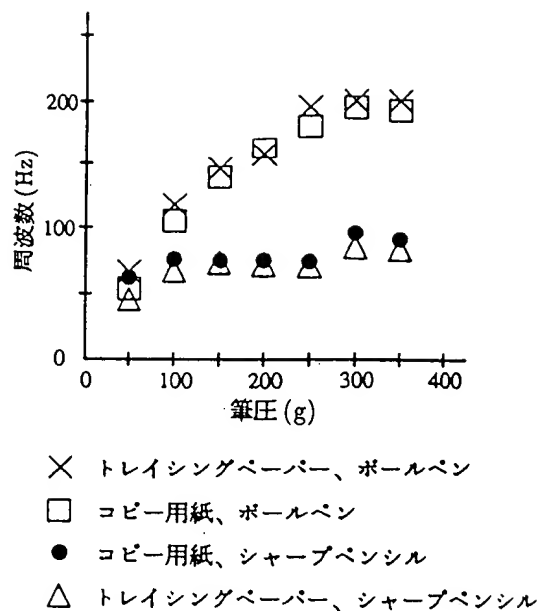


図7 筆圧とピーク周波数の関係

図8は4種のペン先についての高周波、低周波成分のスペクトルのピーク周波数を見たものである。筆圧は一定(150g)とし、筆速(約6cm/s)は前実験と同様である。ボールペンの場合のみ他より幾分高めであったが、紙との接触面積がすべて異なるので、実効的な紙との接触圧はまちまちで、特別な原因を考える程の差ではないと思われる。なお、低周波加速度はペン先の動きによるものであり、1本の線を書く途中での加速度変化によるもので、筆記具による違いはなかった。

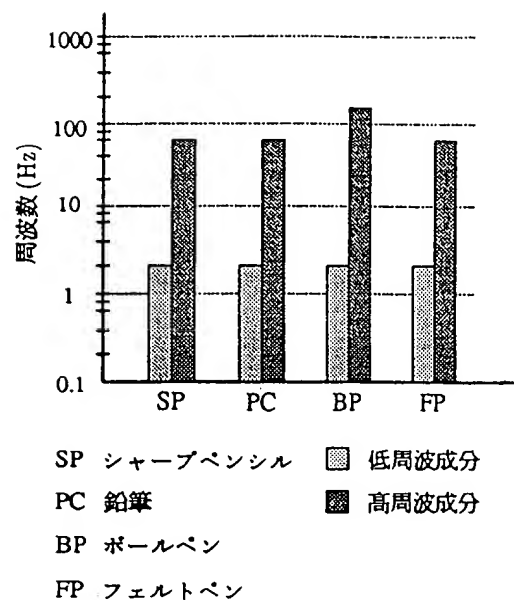


図8 ペンとピーク周波数の関係

図9はシャープペンシルとボールペンについての紙質と重ねた枚数による依存性を同様に見たものである。図中に示した棒グラフの頂上の数字は、筆記したときに重ねた同種の紙の枚数を表している。また、筆記条件は前実験と同じである。この場合は紙質による違いはほとんど現れなかったが、重ねた枚数の増加によって高周波成分のピーク周波数がわずかに低周波側にずれる傾向が見られた。これは、紙のクッション効果による筆圧の減少であろうと思われる。

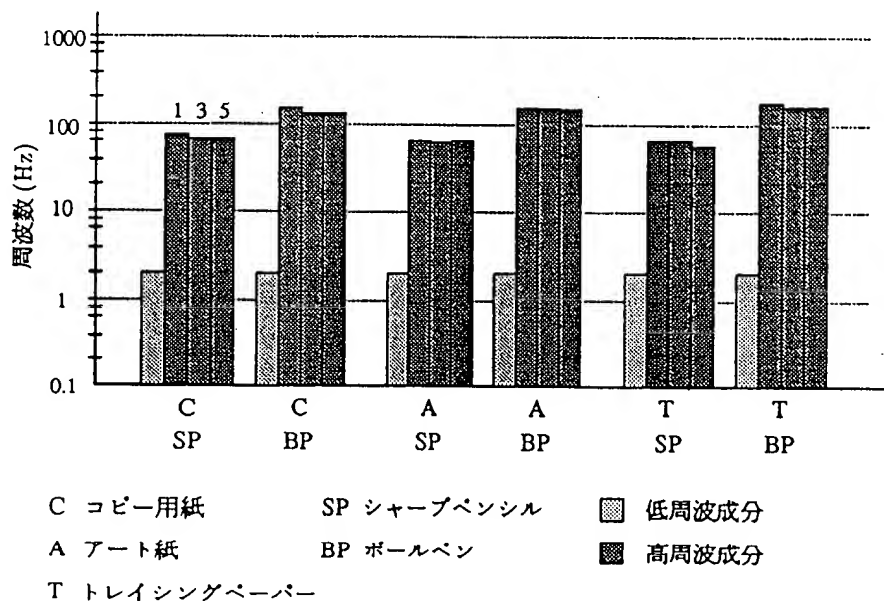


図9 紙とピーク周波数の関係

図10は一定筆圧(150g)時の筆速とスペクトルのピーク周波数の関係である。この場合には高周波、低周波成分のピーク周波数はいずれもほぼ筆速に比例して高くなっている。これは、紙面上の微小な凹凸、手の動き、ともに速い動きに対応してより高い周波数成分の加速度を作り出すモデルから容易に想像できる傾向である。

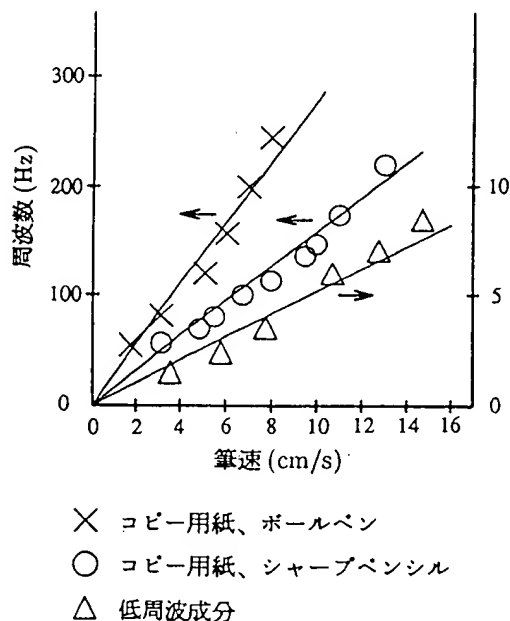


図10 筆速とピーク周波数の関係

以上のように、高周波加速度は筆圧をはじめとして種々のパラメータの影響を受けることが分かった。一方、低周波加速度は、もっぱら運筆に起因した加速度しか感知せず、文字情報の抽出には都合の良いことが分かる。しかし、高周波加速度も紙と筆記具間に接触圧を伴った相対移動があることを示すので、筆記中信号としてその有無を利用することができる。

#### 4. 低周波加速度による変位計算

低周波成分は、運筆に伴う加速度であるから、理想的にはこの信号を2回積分することで変位が求められるはずである。

そこで、1本の直線を書いた場合について、その検証を行なってみた。その様子を図11に示す。(a)は手の癖を微妙に見せながら上昇し、最高値をとった後、定常状態を通り、やがて減速加速されて止まるまでのペンの動きを如実に示している。これを時間について積分したのが

(b)であり、途中で最高速度となる単調な形となる。この場合の積分計算には、信号に含まれる高周波雑音を除いてスムーズなデジタル積分を実行するシンプソンの公式を用いた。さらに同様に積分を重ねたのが(c)であり、ほぼ予想どうりの変位が示されており、1本の直線を書くという単純な動作が加速度からおおよそ再現できることが示された。

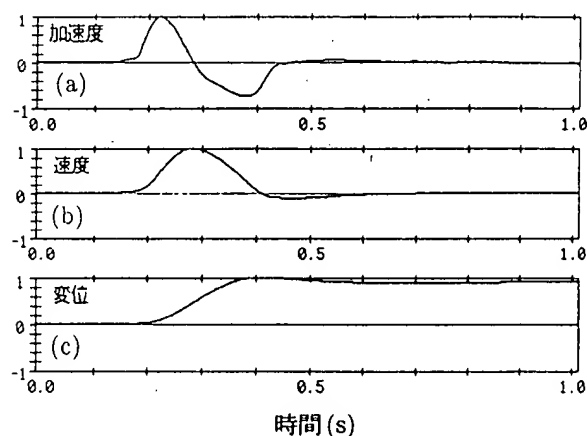


図11 低周波成分の2回積分

図12は実際の筆記長と上記方法により計測された長さとの関係を示したものである。プロットの記号の違いは筆記速度であり、種々の範囲の速度によってもほぼ実際の筆記長に比例した長さが得られることが分かる。しかし、長さ計測精度としては±30%までの誤差が表れており

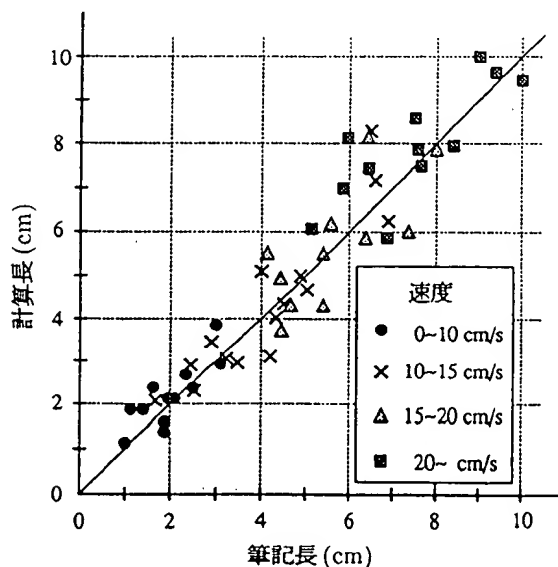


図12 筆記長と計算長の関係

精度の高いものではない。これは単距離の運筆の計測にあたって混入する筆記具の不用意な動きに起因するものと考えられる。

## 5. 2次元動作における方向精度

同じ加速度センサをそれぞれ直交するように筆記具に取り付けた。取り付けの様子は、図5の中に破線で示した。今までの横方向の1次元に対して前後(紙面では縦方向)の動きを計測するためである。新たに付けた縦方向についても図12と同様の特性を確認した後、2つの加速度センサによる信号から筆記方向の精度を調べた。

図13に例として、 $-30^\circ$  度方向に書いた一本の直線(破線)が両チャンネルの加速度信号から

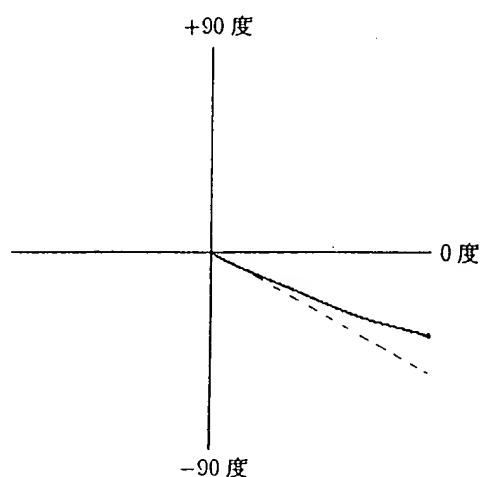


図13  $-30^\circ$  度方向に書いた直線の例

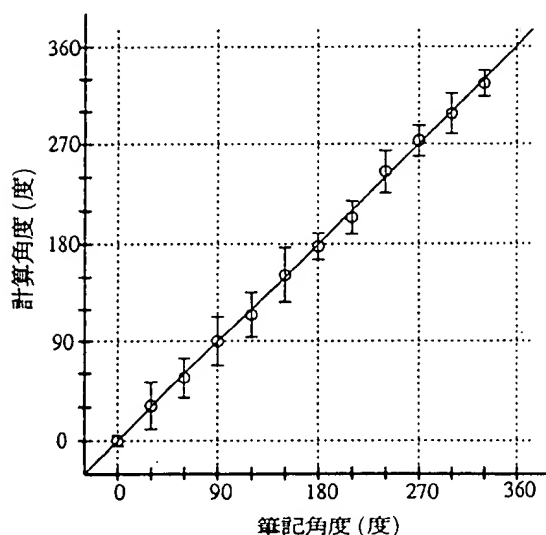
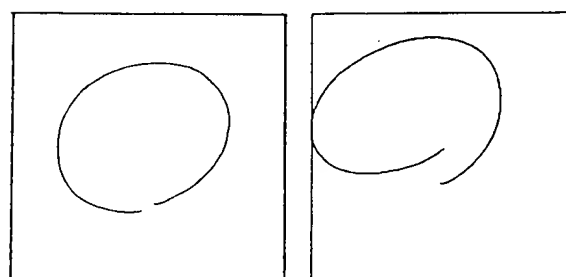


図14 筆記角度と計算角度の関係

再現されている様子を示した。線分の終端部付近でわずかにカーブが見られるが、ほぼ実際の記録の再現が観測される。このような測定を30度おきに全方向について行い、得られた線分の平均方向と筆記方向との関係を示したのが図14である。図中には、標準偏差でばらつき様子も示した。これらから方向についてもほぼ正確に再現されることが分かった。

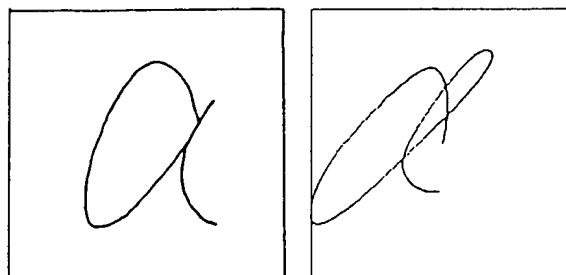
## 6. 手書き図形の再現

以上、基礎実験から線分の長さ、方向について多少の誤差を含むものの、ほぼ再現が可能なが分かったので簡単な図形を書いてみた。図15は円を描いた場合であって、左の実際の軌跡に対して右のようにほぼ似た形状の円が得られている。また図16は、“a”の筆記体を書いた場合であって複数回の往復移動が両方向にあるため、かなりの変形が見られるものの文字の種類の見視的同一性は可能である。



(a) 実際の軌跡 (b) 計算で求めた軌跡

図15 手書き図形の再現



(a) 実際の軌跡 (b) 計算で求めた軌跡

図16 手書き文字の再現

## 7. まとめ

筆記具のペン先の加速度から手書き文字のパターン情報を得るための基礎的実験を行い、その可能性を確認した。

筆記具の加速成分には 100Hz 付近を中心とする紙とペン先間の摩擦による高周波成分があり、ペン先移動の距離計測の補助データとなりうる可能性もあるが種々のパラメータの影響が大きく難しい。しかし、紙とペン先間の摩擦の有無、即ち運筆中信号としては使用可能であるから、本方式による多画文字のパターン抽出に有効である。

今後、システムの長さ及び方向の計測精度を向上させると共に筆記時の計測に雑音となる余分な手の動きの処理方法についても検討したい。また、本方式に適した手書き文字認識のソフトについても検討していきたい。

## 参考文献

- (1) 増田：“日本語文字読み取り装置”，進学誌, 63, 7, pp.719-723(昭 55-07).
- (2) 迫江：“Rubber String Matching による手書き文字認識”，進学会パターン認識と学習研究資料, PRL74-20(1974-09).
- (3) 青木、井口：“当書き仮名文字のオンライン認識”，信学論 (D), J60-D, 7, pp.558-559(昭 52-07).
- (4) 小高、荒川：“ストロークの点近による手書き文字のオンライン認識”，信学論, J63-D, 2, pp. 153-160(昭 55-02).
- (5) 北原、磯道：“方向余弦 DP マッチングによる手書き「常用漢字」オンライン認識システム”，信学論 (D), J64D, 11, pp.1013-1020(昭 56-11).
- (6) “新しいユーザ・インターフェイス “ペン入力” の可能性を探る”，日経バイト, 12, pp.166-178(1990).